

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Návrh tribodiagnostického systému radiální rychlokovací linky
Design of Tribodiagnostic System of Radial Fast Forging Line

Student:

Bc. Tomáš Biener

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Ladislav Hrabec, Ph.D.

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Tomáš Biener**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 72 Technická diagnostika, opravy a udržování
Téma: **Návrh tribodiagnostického systému radiální rychlokovací linky**
Design of Tribodiagnostic System of Radial Fast Forging Line

Zásady pro vypracování:

Na základě požadavků a podkladů zadavatele proveďte posouzení problematiky provozu radiální rychlokovací linky ve společnosti VÍTKOVICE Hammering, a.s., Ostrava se zaměřením na diagnostiku hydraulických systémů.

V rámci zadání zpracujte:

1. Popis radiální rychlokovací linky a navazujících strojních zařízení se zaměřením na provozované hydraulické systémy.
2. Posouzení současného stavu provozovaných hydraulických systémů, náplní hydraulických kapalin a vyhodnocení vlivu provozních podmínek, zkušeností a požadavků obsluhy, včetně dokumentovaných poruch zařízení.
3. Za účelem zjištění skutečného stavu hydraulických systémů a hydraulických kapalin proveďte odběry vzorků maziv, jejich vhodné rozbor, případně využijte firmou již provedená tribodiagnostická měření.
4. Návrh tribodiagnostického systému jako celku opatření vedoucích k maximálnímu omezení havárií na hydraulických systémech radiální rychlokovací linky, včetně zpracování nebo doplnění mazacích plánů, doporučení pro diagnostiku uvedených zařízení a dalších provozních opatření.

Další pokyny a konzultace poskytne zadávající firma VÍTKOVICE Hammering, a.s., Ostrava.

Seznam doporučené odborné literatury:

LENFELD, P. *Technologie II. Část 1., Tváření kovů*. 2. vydání, Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2009. 110 s. ISBN 978-80-7372-466-5.

KREIDL, M., ŠMÍD, R. *Technická diagnostika*. 1. vydání, Praha : BEN - Technická literatura, 2006. 408 s. ISBN 80-7300-157-6.

HELEBRANT, F., ZIEGLER, J., MARASOVÁ, D. *Technická diagnostika a spolehlivost I - Tribodiagnostika*. 1. vydání, Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2001, 158 s. ISBN 80-7078-883-6.

HELEBRANT, F. *Technická diagnostika a spolehlivost IV - Provoz a údržba strojů*. 1. vydání, Ostrava, VŠB-TU Ostrava, 2008, 127 s. ISBN 978-80-248-1690-6.

KOPÁČEK, J. *Technická diagnostika hydraulických mechanismů*. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1990. 159 s. ISBN 80-03-00308-3.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ladislav Hrabec, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....10.5.2013.....

.....*Tomáš Bilner*.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

• jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.

• beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).

• souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

• bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

• bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

• beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 10.5.2013

Tomáš Biener

Jméno a příjmení studenta

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Tomáš Biener

Adresa trvalého pobytu autora práce: Ostrava Zábřeh, Pavlovova 27

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Biener T. Návrh tribodiagnostického systému na rychlokovací radiální lince: diplomová práce. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2013, 54 s. Vedoucí diplomové práce: Ladislav Hrabec.

Diplomová práce se zabývá provozem rychlokovací linky společnosti VÍTKOVICE HAMMERING a.s., skupiny VÍTKOVICE MACHINERY GROUP. V úvodu jsou zmíněny největší hutnické podniky našeho kraje. Teoretická část popisuje VÍTKOVICE MACHINERY GROUP – její historii i současnost. Podrobně je zachycen její nejmodernější provoz – rychlokovárna. Třetí část je zaměřena na tribologii a tribotechniku. Čtvrtá část obsahuje popis rychlokovací linky a jeho systémy mazání. Následující část je věnována tribodiagnostice. Za účelem zjištění skutečného stavu hydraulických systémů a kapalin jsou provedeny odběry a rozborů oleje. Toto je popsáno v šesté části. Cílem mé diplomové práce je zjistit, jaká je kvalita oleje a navrhnout postupy kontrol.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

Biener T. Design of Tribodiagnostic System of Quickswage Radial Line: master thesis. Ostrava: VSB - Technical University, Faculty of Engineering, Department of Production Machines and Design, 2013, 54 p. Supervisor: Ladislav Hrabec.

This thesis engages in the operation of quickswage lines in Hammering Vitkovice Machinery Group Introduction. The introduction mentions the largest metallurgical enterprises of our region. The theoretical part describes Vitkovice Steel Machinery Group - its past and present. There is also presented a detailed description of its latest operation – *radial forging machine*. The third part focuses on tribology and lubrication engineering. The fourth section contains a description of rychlokovací tracks and lubrication systems. Following section is devoted to tribodiagnostics. In order to determine the actual condition of hydraulic systems and fluids are conducted sampling and analysis of oil. This is described in the sixth section. Main intention of my thesis is to determine what is the quality of the oil and to design control procedures.

Obsah

1	Úvod	1
2	VÍTKOVICE MACHINERY GROUP	2
2.1	Vítkovice Steel – vznik železáren	2
2.2	Železářny v majetku Rottschildů	3
2.3	Další vývoj	3
2.4	Dnešní stav	4
2.5	Dceřiné společnosti VÍTKOVICE MACHINERY GROUP	4
2.6	VÍTKOVICE HAMMERING a.s.	5
2.6.1	Profil firmy	6
2.6.2	Největší investice	6
2.6.3	Výkonnost – přesnost – kvalita	8
2.6.4	Technické parametry rychlokovacího stroje SMX	9
2.6.5	Technologie výroby na lince rychlokovacího stroje	9
3	Tribologie a Tribotechnika	11
3.1	Tribologie	11
3.1.1	Pohled do historie	11
3.1.2	Všeobecná teorie	12
3.1.3	Tribologický systém	12
3.1.4	Tribologické procesy - přehled a stručná charakteristika	13
3.1.5	Tribotechnika	14
4	Hlavní částí rychlokovací linky dle výkresové dokumentace	16
4.1	Popis radiální rychlokovací linky	16
4.2	Systémy mazání radiální rychlokovací linky	19
4.2.1	Mazací systémy na rychlokovací lince	20
5	Návrh Tribodiagnostiky (metody tribodiagnostiky)	26
5.1	Metody tribodiagnostiky	27
5.1.1	Kinematická a dynamická viskozita	28
5.1.2	Obsah vody	29
5.1.3	Bod vzplanutí	30
5.1.4	Číslo celkové alkality a kyselosti	31
5.1.5	Celkové znečištění a mechanické nečistoty	32
5.1.6	Spektrální analýza mazacích olejů	34
5.1.7	Částicová analýza – ferografie	35

5.1.8	Atomová spektrometrie (AS).....	36
5.1.9	Atomová emisní spektrometrie (AES).....	36
5.1.10	Atomová absorpční spektrofotometrie (AAS).....	37
6	Aplikace metod Tribodiagnostiky na Rychlokovadle na nádrži č.1	38
6.1	Použitý hydraulický olej HLP 46	38
6.2	Odběr vzorků.....	39
6.2.1	Místo odběru	39
6.3	Použité přístroje při testování hydraulického oleje HLP 46	40
6.3.1	Bod vzplanutí v otevřeném kelímku	40
6.3.2	Stanovení obsahu vody	41
6.3.3	Stanovení čísla kyselosti	41
6.3.4	Kinematická viskozita.....	41
6.3.5	Kód čistoty	41
6.3.6	OES spektrometr	42
6.4	Vyhodnocení výsledků oleje	43
6.4.1	Vyhodnocení hodnot z protokolu č.13/01/03 (příloha č.3).....	43
6.4.2	Vyhodnocení výsledků z protokolu č. 13/02/01	43
6.4.3	Výsledky protokolu č.13/03/44 (příloha č. 5).....	44
6.4.4	Porovnání stávajícího oleje s novým olejem	44
7	Způsob filtrace na lince a doporučení	45
7.1	Doporučení	46
8	Závěr.....	49
9	Seznam literatury	52
10	Seznam příloh	54

Seznam použitých značek a symbolů

Jednotky vzdálenosti	
m	metr
mm	milimetr
μm	mikrometr
Jednotky času	
h	hodina
s	sekunda
Jednotky tlaku	
Mpa	megapascal
pa	pascal
Jednotky výkonu	
KW	Kilowatt
W	watt
Jednotky hmotnosti	
t	tuna
kg	kilogram
g	gram
mg	miligram
Jednotka objemu	
ml	mililitr
Jednotka síly	
MN	mega newton
Jednotka teploty	
°C	stupeň Celsia
Chemické zkratky	
KOH	Hydroxid draselný
ZnSe	selened zinečitý
Fyzikální veličina	
μ	součinitel tření
F _F	třecí síla
F _n	kolmé zatížení
Bezrozměrné jednotky	
ppm	dílů či částic na jeden milion
Zakladní jednotky SI	
A	Ampér
Zkratky	
VŽ	Vítkovické železářny
a.s.	akciová společnost
Ks	kusy

RKS	rychlukovací stroj
TTD	tribotechnická diagnostika
%	procento
KP2K-20	označení plastického maziva
Ič	infračervené
SMX-800	název rychlukovadla
HLP 46	označení hydraulického oleje
CLP 220	označení převodového oleje
TAN	číslo kyselosti
TBN	číslo celkové alkality
AES	atomová emisní spektrometrie
OES	optická emisní spektrometrie
AAS	atomová absorční spektrometrie
s.r.o	společnost s ručením omezeným
AS	atomová spektrometrie
max.	maximální
NLGI-2	označení plastického maziva

1 Úvod

V našem kraji hrál hutnický průmysl vždy velmi důležitou roli. Hutnictví železa se vyskytovalo především v oblasti těžby železné rudy a černého uhlí. V 2. polovině 20. století patřily mezi hlavní oblasti hutnického průmyslu Ostravsko a Kladensko. V současnosti jsou v Česku pouze dvě společnosti s úplným hutním cyklem, tj. od výroby železa přes výrobu oceli až po výrobu ocelových polotovarů a především válcovaných výrobků. Jsou jimi firmy ArcelorMittal Ostrava a.s. působící v bývalém areálu Nová huť v Ostravě a Třinecké železářny. Dále zde působí ocelářská společnost EVRAZ VÍTKOVICE STEEL a.s., která pro výrobu oceli nakupuje surové železo především v tekutém stavu od firmy ArcelorMittal Ostrava a.s., případně v pevném stavu od jiných dodavatelů.

Hutnictví bylo stejně jako jiné obory poškozeno ekonomickou krizí, za prvních osm měsíců roku 2009 byla výroba železa meziročně nižší o více než 37 procent, výroba oceli pak o téměř 39 procent. Nicméně na začátku podzimu 2009 začalo hutnictví růst.

Výše uvedené podniky se výrazně podílí (i přes stále snižování počtů zaměstnanců) na zaměstnanosti obyvatel Moravskoslezského kraje, na druhé straně negativně ovlivňují životní prostředí. Nepříznivý stav ovzduší na Ostravsku je způsoben nejen **geomorfologickými podmínkami** hornoslezské pánve, v níž Ostravsko leží, ale i **koncentrací těžkého průmyslu**, kdy zdrojem znečištění jsou především výrobní a spalovací procesy ve velkých průmyslových podnicích, zejména hutích a elektrárnách. Nutno však dodat, že k dalším zdrojům znečištění patří i **doprava** (znečištění je způsobeno zplodinami z motorového pohonu vozidel a vlastním provozem na pozemních komunikacích), **lokální topeniště** (zdrojem tohoto typu znečištění je pálení nevhodných materiálů v domácích kotlích na tuhá paliva, zejména odpadů a uhelných kalů) a **znečištění, které přichází z Polska**. Při špatných rozptylových podmínkách zejména v zimních měsících se zde pak znečištění koncentruje.

2 VÍTKOVICE MACHINERY GROUP



Obr. 1 Ředitelství Vítkovic a VÍTKOVICE MACHINERY GROUP (zdroj [5])

2.1 Vítkovice Steel – vznik železáren

Na počátku 19. století se na území dnešního Moravskoslezského kraje nacházelo velké množství železářských hutí, které využívaly místní železné rudy, dostatku vody a dřevěného uhlí ze zdejších lesů. Mezi nejvýznamnější patřily hutě na hukvaldském panství, které patřilo Olomouckému arcibiskupství: jednalo se o hutě ve Frýdlantu, Ostravici a Čeladné. Na okolních panstvích pak byly např. hutě Baška, Ustroň, Ludvíkov, Janovice u Rýmařova či Sobotín.



Obr. 2 Vítkovické železářny v polovině 19. století (zdroj [4])

Na základě návrhu Františka Xavera Riepela olomoucký arcibiskup arcivévoda Rudolf Jan v roce 1828 definitivně rozhodl o výstavbě vysokých pecí ve Vítkovicích, které měly dodávat surové železo pro nově vybudovanou moderní pudlovnu ve Frýdlantě. Výhodou Vítkovic byla nejen poloha (vzdálenost od Frýdlantu), ale také bezprostřední blízkost uhelných dolů a vodní síla řeky Ostravice.

Nakonec se ovšem situace poněkud obrátila a pudlovna byla 16. září 1830 otevřena ve Vítkovicích a dostala název Rudolfova huť. Se stavbou vysoké pece se ještě ani nezačalo, takže surové železo muselo být dováženo z Frýdlantu. Postupně však probíhala výstavba navazujících provozů, v roce 1831 už byla v provozu i válcovna, soustružna a zámečnická dílna.

2.2 Železárny v majetku Rottschildů

V roce 1835 se majitelem VŽ stalo Vítkovické horní a hutní těžírstvo, které ovládal bankéř Salomon Mayer Rothschild, který se v roce 1843 stal jediným majitelem železáren.

Pod jeho vlivem dochází ke skutečnému rozmachu železáren a konečně byla dostavěna také první vysoká pec, která byla zapálena v roce 1836. Jako první v tehdejším habsburském mocnářství pomocí koksu vyráběla železo. V roce 1843 pak VŽ měly v provozu již dvě vysoké pece a úroveň produkce se vyrovnala frýdlantským železárnám. Jednou z nejvýznamnějších zakázek té doby byla dodávka kolejnic pro stavbu Rothschildovy Severní dráhy císaře Ferdinanda. Třetí vysoká pec byla zprovozněna v roce 1856. Zcela nová vysoká pec tzv. skotská, byla postavena v roce 1872. V té době to byla největší vysoká pec v Rakousku-Uhersku.

V období 1843 až 1873, kdy železárny vlastnili Rothschildové, se počet pracovníků zvýšil desetinásobně z původního počtu 370 zaměstnanců. Pro své dělníky stavěly železárny domky a noclehárny, zřízen byl také nejdříve primitivní špitál, který byl v roce 1853 nahrazen závodní nemocnicí.

2.3 Další vývoj

V roce 1873 po spojení s obchodním domem Gutmannů vznikla Vítkovická hornická a hutnická společnost. Její ředitel Paul Kupelwieser vybudoval nové provozy a zajistil kvalitní surovinovou základnu. Byl rozšířen zbrojní program a VŽ se staly výhradním dodavatelem pancéřových desek pro rakousko-uherské válečné lodě. Po vzniku

samostatného Československa vyráběly železární součásti elektráren, obří lodní hřídele, kotle a bezešvé nádoby a dodávaly je do celého světa.

2.4 Dnešní stav

Vlivem předchozího rozvoje se původní železární proměnily ve velký průmyslový podnik, který se zabýval také strojírenstvím. Koncem 20. století se podnik dostal do velkých ekonomických potíží a vláda musela ustoupit z původního plánu privatizace do rukou vedení podniku. Došlo k oddělení oceláren od strojírenské výroby a oba celky byly privatizovány samostatně. Větší část Vítkovických železáren tak patří společnosti VÍTKOVICE a.s. a jejím dceřiným společnostem. Ocelárna a válcovna patří do samostatné společnosti s názvem EVRAZ VÍTKOVICE STEEL a.s. Další závod – Válcovna trub – je nyní jedním ze závodů společnosti Třinecké železární (nejdříve byla k 1. lednu 1999 z podniku Vítkovice vyčleněna do dceřiné společnosti VÍTKOVICE - Válcovna trub a.s., která přešla ke 2. říjnu 2002 do jmění společnosti ASTONIA a.s. a následně 6. prosince 2005 se jejím majitelem stala firma TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY a.s. s nimiž byla tato společnost 31. srpna 2010 sloučena). Do části areálu se nastěhovala společnost Škoda Vagonka a.s., která vznikla odštěpením od Vagonky Studénka.

V prosinci 2008 oslavila značka VÍTKOVICE své 180 narozeniny.

VÍTKOVICE MACHINERY GROUP je nejvýznamnější českou strojírenskou skupinou se silnou pozicí ve vybraných částech strojírenské produkce a v oblasti dodávek velkých investičních celků. Sdružuje okolo třicítky firem.

2.5 Dceřiné společnosti VÍTKOVICE MACHINERY GROUP

- VÍTKOVICE HOLDING a.s.
- VÍTKOVICE, a.s.
- VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s.
- VÍTKOVICE POWER ENGINEERING a.s.
- VÍTKOVICE CYLINDERS a.s.
- VÍTKOVICE MILMET S.A.
- VÍTKOVICE HAMMERING a.s.
- HUTNÍ MONTÁŽE a.s.
- VÍTKOVICE MECHANIKA a.s.

- VÍTKOVICE IT SOLUTIONS a.s.
- VÍTKOVICE GEARWORKS a.s.
- VÍTKOVICE REVMONT a.s.
- VÍTKOVICE Doprava, a.s.
- VÍTKOVICE ÚAM a.s.
- KZWM OGNIОCHRON S.A.
- VÍTKOVICE TESTING CENTER s.r.o.
- VÍTKOVICE REALITY DEVELOPMENTS s.r.o.
- VÍTKOVICE HTB a.s.
- VÍTKOVICE SCHREIER s.r.o.
- VÍTKOVICE ACCOUNTING a.s.
- VÍTKOVICE MKV s.r.o.
- VÍTKOVICE SLOVAKIA a.s.
- VÍTKOVICKÁ SPŠ A GYMNÁZIUM
- PRVNÍ VÍTKOVICKÁ PERSONÁLNÍ s.r.o.
- VTK SPECIAL a.s.
- VL Servis s.r.o.
- LAHVARNA BROD d.o.o.
- VÍTKOVICE Kordt und Rosch GmbH
- CIDEGAS S.A.
- Spojené slévárny s.r.o.
- Dolní oblast VÍTKOVICE

2.6 VÍTKOVICE HAMMERING a.s.

Moje diplomová práce byla realizována ve společnosti VÍTKOVICE HAMMERING a.s., a to na rychlokovací lince, která v současnosti představuje nejmodernější technologii volného kování. Tato rychlokovací linka se nachází v nově vybudované hale společnosti viz obr. 3.

Pro již výše uvedené skutečnosti jsem se proto ve své diplomové práci zaměřil pouze na tuto společnost.



Obr. 3 Hala VÍTKOVICE HAMMERING (vlastní zdroj)

2.6.1 Profil firmy

Společnost VÍTKOVICE HAMMERING a.s., dceřina společnost VÍTKOVICE a.s., jako samostatný závod vznikl 18. června 2007 a oficiálně byl uveden do provozu na podzim v roce 2011.

2.6.2 Největší investice

Historicky významným dnem pro strojírenské Vítkovice bylo pondělí 3. října 2011, kdy se rozjel provoz v supermoderní rychlokovárně, která přišla na více než dvě miliardy korun. Této investici předcházelo kompletní zrekonstruování ocelárny a řady dalších provozů. Rychlokovárna je ojedinělá v rámci celé Evropy. Jedná se bezesporu o největší investici do strojírenské technologie v České republice za posledních dvacet let. Dokáže zpracovat produkty do hmotnosti osmi tun. Srdcem linky je hydraulický lis (obr. 4) a čtyři kovádky s výkonností až 240 úderů za minutu.

V tomto nejmodernějším provozu je zaměstnáno osmdesát vysoce kvalifikovaných pracovníků, další desítky pracovních míst vznikly v obslužných provozech.



Obr. 4 Pohled na rychlokovadlo (vlastní zdroj)

Na tradici navazuje společnost Vítkovice Hammering i v jiném směru – s respektem k minulosti využívá historickou budovu lisovny z roku 1905. Je zachována její ocelová konstrukce a režné zdivo. Dříve se zde vyráběla lisovaná vysokotlaká dna kotlů, kuželová dna pro cukrovary, segmenty pro vařiče celulózy, kotle na olej či komponenty pro atomový program. Dnes slouží jako skladovací a expediční hala obr. 5.



Obr. 5 Expediční hala (vlastní zdroj)

2.6.3 Výkonnost – přesnost – kvalita

Rychlokovací stroj představuje nejmodernější technologii volného kování v současnosti.

Unikátnost zařízení spočívá hned v několika parametrech.

- Výrobní linka je komplexně počítačově řízená obr. 6. Efektivita výroby se tím přiblížila možnému maximu, přičemž cílem je dostat roční produkci linky do roku 2015 až na 100 tisíc tun.



Obr. 6 Velín rychlokovací linky (vlastní zdroj)

- Významná je také návaznost operací, která v uzavřeném výrobním cyklu umožní produkovat hotové výrobky. Ty jsou využívány v širokém spektru nejrůznějších strojírenských odvětví. Jsou realizovány dodávky např. pro klienty z automobilového průmyslu, petrochemie, energetiky, těžby nerostných surovin či železniční dopravy, ale i do zcela nových odvětví, která dosud nejsou servisována.
- Rychlokovací stroj si dokáže poradit i s nejrůznějšími typy materiálů počínaje lehce tvářitelnými níže legovanými uhlíkovými či nástrojovými oceli, až po těžce tvářitelné oceli s vysokým obsahem chromu nebo titanové slitiny. Výsledkem je oproti volnému kování jemnozrnější struktura a dosažení lepších výsledných mechanických vlastností.
- Vítkovické rychlokovadlo je v neposlední řadě i zelenou technologií, což znamená, že i při zmíněné vysoké produktivitě je jeho provoz ekologicky nezávadný s minimálním zatížením okolí. Například karuselová pec je vytápěna zemním plynem, vysoce úsporné

ekologické hořáky mají snížený obsah oxidu dusíku ve spalínách, je využíváno zbytkové teplo a hluk z výroby téměř nezatěžuje okolí.

- Produkce této moderní technologie otevírá společnosti Vítkovice Hammering kromě tuzemska dveře i na světové trhy. Jsou již realizovány zakázky – kromě Evropy i do Asie a dalších kontinentů. Linka tak podstatně rozšiřuje nabídku výrobků strojírenské metalurgie skupiny VÍTKOVICE MACHINERY GROUP a přispívá k dobrému jménu České republiky ve světě.

2.6.4 Technické parametry rychlokovacího stroje SMX

Rychlokovací linka dokáže zpracovat produkty do hmotnosti 8 tun a rozměrů do 550 milimetrů vnějšího průměru. Skládá se z hydraulického lisu o jmenovité kovací síle 18 MN a ze 4 kovadel kovajících rychlostí až 240 úderů za minutu s výkonem $100\,000\text{ t}\cdot\text{ks}^{-1}$. Hydrauliku pohání 10 motorů 600 kW, které za pomoci čerpadel vytváří tlak systému až 35 MPa. Dva synchronizované manipulátory si předávají výkovek přes konstrukci kovacího litého rámu. Kompatibilita nastavení stroje společně se speciální konstrukcí tlumení rázů kovadel umožňují kovat rozměry mezi 80 – 550 mm při délce 18 000 mm a hmotnosti $8\,000\text{ t}\cdot\text{ks}^{-1}$. Kovaná trubka či dutý osazený výkovek při délkách cca 12 000 mm jsou pro SMX-800 samozřejmostí. Kovací tolerance se pohybují na hodnotách $+3/-0\text{ mm}$. Po ukončení kovacího programu následuje řezání za tepla brusnými kotouči o průměru 1 800 mm a jehličkové označení výkovku. Uzel tepelného zpracování tvoří patrové pece, kalící nádrže a sázecí manipulátor. Maximální teplota ohřevu probíhajícím v 6 zónách karuselové pece je $1\,300\text{ }^{\circ}\text{C}$. Výkonem cca $40\text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$ se tato pec řadí mezi nejvýkonnější karuselové pece ve střední Evropě. Rovnoměrnost ohřevu $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ dovoluje nastavení pro získání velice přesných mechanických hodnot. Pro kalení jsou připraveny dvě polymerové kalící nádrže o objemu 113 m^3 a vodní nádrž o objemu 176 m^3 .

2.6.5 Technologie výroby na lince rychlokovacího stroje

Vstupní materiál (ingoty o teplotě cca $600\text{ }^{\circ}\text{C}$) je přivážen po železnici nebo speciálními silničními vozidly a s ohledem na maximální využití zbytkového tepla vstupních ingotů je ihned jeřábem vsazen do sběrné pece, kde dochází k vyrovnání teplot celé vsázky. Ze sběrné pece jsou ingoty vyjmuty pomocí jeřábových kleští a uloženy do sázecího manipulátoru. Manipulátorem jsou ingoty vsazeny do karuselové ohřívací pece. Po

průchodu pecí a ohřevu na kovací teplotu vyjme výstupní manipulátor ohřátý ingot z karuselové pece a uloží jej na otočný válečkový dopravník. Po spuštění dopravníku je ingot dopraven k rychlokovacímu stroji. Po vykování polotovaru dojde k jeho rozdělení za tepla na délky 3 až 18 m. Po označení každého kusu je pomocí dopravníků polotovar převezen do vedlejší haly k dalšímu zpracování. Část produkce je bezprostředně po rozdělení přímo kalena (z dokovací teploty) a po kalení zůstává v hale k dalšímu zpracování. Zpracování je podle jakosti materiálu buď přes linku tepelného zpracování, nebo jsou vychlazeny na vzduchu v hromadách popř. pod termo-poklopy. Po zchlazení jsou vykované tyče dopraveny k zařízením pro dokončovací operace. Část produkce je rovnána na rovnacím lisu, po vyrovnání jsou výkovky zařazeny do většinového toku materiálu. Zbytek je dopraven k otryskání povrchu, na defektoskopii a opravu případných povrchových vad. Poté jsou polotovary dopraveny do skladovací a expediční haly. Ve skladovací a expediční hale jsou umístěny pásové pily pro dělení výkovků na délky dle požadavků zákazníků a skladovací stojany pro uložení výkovků před expedicí. Expedice je možná kolejovou dopravou nebo silniční automobilovou dopravou.

Rychlokovací stroj je současnou nejmodernější technologií takzvaného volného kování.



Obr. 7 Pohled na manipulátor a rychlokovadlo (vlastní zdroj)

3 Tribologie a Tribotechnika

3.1 Tribologie

Tribologie je mezioborová věda, která se zabývá chováním dotýkajících se povrchů při jejich vzájemném pohybu nebo při jejich pokusu o vzájemný pohyb. Cílem tribologie jako vědy je shromažďování, třídění, uplatňování a další rozvoj znalostí o vlastnostech a chování třecích dvojic tzv. tribologických uzlů.

Jinými slovy se dá také říci, že **tribologie** je nauka o vědeckém výzkumu a technickém použití zákonitostí a poznatků pro vědní obory **tření, opotřebení a mazání**.

3.1.1 Pohled do historie

Počátky tribologie začaly už v pravěku, kde se před 9000 lety člověk naučil rozdělovat oheň třením. Poté se teorie o tření začala rozvíjet na začátku novověku. První známý badatel v oblasti tření je znám, že 16. století, je to Leonard da Vinci, který zjistil, že třecí síla nezávisí na velikosti styčné plochy a je úměrná kolmému zatížení. Tzv. koeficient úměrnosti, dnešní součinitel tření $\mu = \frac{F_F}{F_n}$ (F_F -třecí síla, F_n -kolmé zatížení), byl podle něho pro všechny kovy stejný a rovnal se 0,25. Skoro stejné závěry provedli dále Amontous a Coulmb. TRIBOLOGIE pochází ze dvou slov TRIBOS- tření a LOGOS-slovo, věda.

Maziva se začala používat za účelem snížení tření. Zde se rozhodovalo o vlastnostech mazacích ploch v závislosti na viskozitě, rychlosti a zatížení. V dnešní době už víme, že jsou různé teoretické poznatky a různé teorie. Například to jsou práce Stribeck, Harda, Grutina, Dowsona a dalších.

Hlavní přínos má tribologie na ekonomickou stránku. Je známo, že tření způsobuje větší spotřebu energie. Opotřebením se materiál znehodnocuje a ztrácí své vlastnosti, což má za důsledek větší požadavky na údržbu a nadále to zapříčiňuje výpadky ve výrobě. Odhaduje se, že ztráty způsobené nesprávným použitím tribologických zásad činí až 30% výrobní energie.

3.1.2 Všeobecná teorie

Můžeme říci, že existují dvě základní zájmové oblasti uplatnění tribologie:

- 1) Přírozené tribologické systémy – klouby člověka a zvířat, pohybový aparát, kořeny rostlin apod.
- 2) Umělé tribologické systémy – části technických systémů vytvořených člověkem

3.1.3 Tribologický systém

Je to umělý (části technického systému) nebo přirozený (klouby, pohybový aparát...) materiál, systém základní úrovně, tření v něm probíhá jako proces v důsledku vzájemného působení minimálně dvou struktur systémových prvků.

Tribologický systém představuje jeden třecí uzel. Ve své základní struktuře obsahuje čtyři prvky (obr. 8). Jsou to:

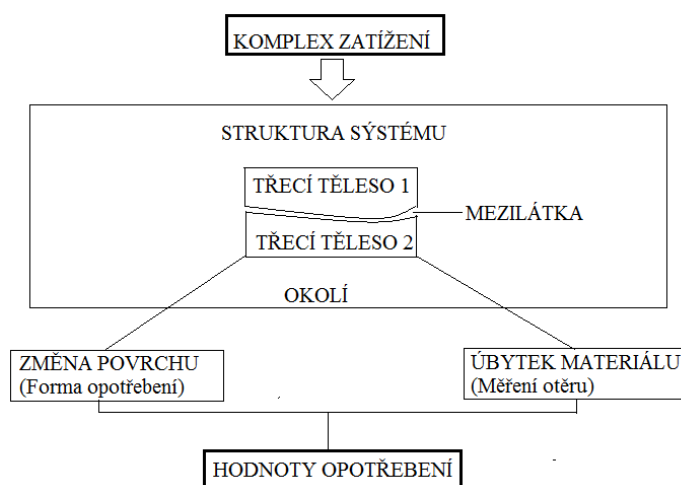
- 1) Základní třecí těleso
- 2) Třecí těleso
- 3) Mezilátka
- 4) Okolí

Aktivní prvky: - základní třecí těleso (2) – pevné - pánev, trubka

- třecí těleso (1) - hřídel, voda

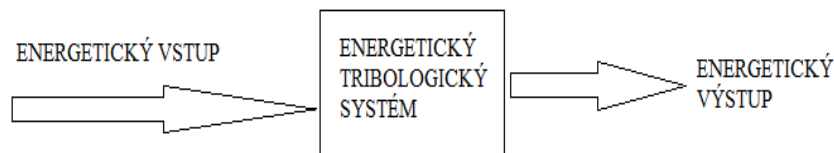
- mezilátka-mazivo

Pasivní prvek: - okolí – vzduch



Obr. 8 Tribologický systém (vlastní zdroj)

Pro každý tribologický systém jsou důležité nevratné změny mechanické energie na energii tepelnou, což dokazuje, že tribologický systém je vlastně energetickým systémem, (obr. 9) tzv. systém s různými výstupy.



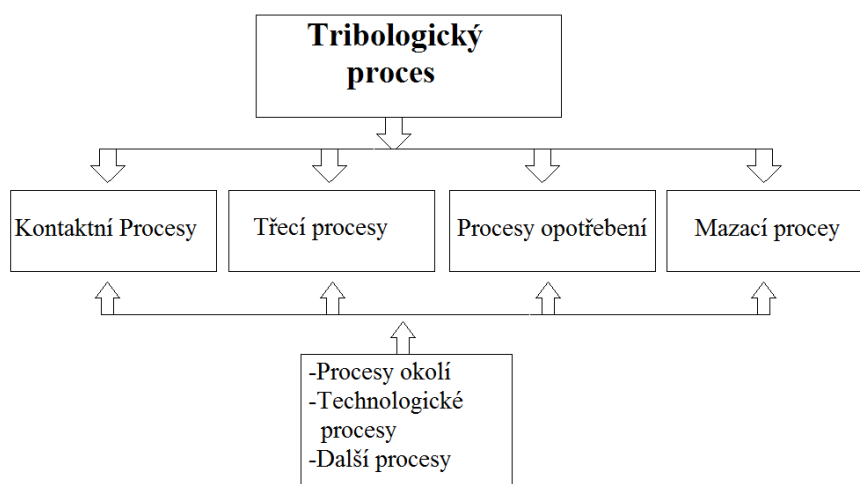
Obr. 9 Čistý energetický systém (vlastní zdroj)

3.1.4 Tribologické procesy - přehled a stručná charakteristika

Jsou vytvářeny interakcí třecích těles, mezi látkou a okolním prostředím, které jsou v prostoru a čase.

Tribologické procesy slouží k pochopení otázek:

- mechanismů přeměny užitečných veličin a skutečných fyzikálních principů přeměny energie,
- procesů, které vedou ke ztrátám,
- spojených s možností pozitivního působení na mechanismus vzniku ztrát a jejich minimalizací.



Obr. 10 Schéma tribologického procesu a jejich vazby (vlastní zdroj)

Kontaktní- elastické, plastické. V místě dotyku dochází ke ztrátám, které jsou zapříčiněny deformacemi.

Třecí- máme vnitřní a vnější, odpor proti pohybu nebo ke ztrátám mechanické energie při pohybu navzájem se dotýkajících materiálových oblastí tzv. místo dotyku dvou těles.

Opotřebovací- nežádoucí změny povrchů nebo rozměrů při vzájemném pohybu.

Mazací- mazání slouží ke snížení míry opotřebením, snížení mechanických ztrát vzniklých třením, odvodů nečistot a čištění mazací soustavy, odvodu tepla, zabránění korozivních a jiných chemických účinků.

3.1.5 Tribotechnika

Tribotechnika je součástí oborů tribologie, která se zabývá aplikací výsledků tribologie v odborné praxi. Tribotechnika se tedy dle předchozí definice o tribologii zabývá řešením otázek v komplexní praxi, které se týkají tření, opotřebením a mazáním. Při pohybu dvou těles proti sobě dochází k odporu, kterému říkáme tření. Následkem tření je opotřebením pohybujících se povrchů, kterému předcházíme mazáním, přičemž mezilátka může být jakéhokoliv skupenství.

Tribotechnika obsahuje

- mazání a jejich testování,
- měření a kontrolní metody pro tribotechnické pochody,
- organizace techniky mazání,
- výběr a způsoby aplikace maziv,
- mazací technika,
- materiál pro třecí dvojice,
- vědecké základy pro tření a opotřebením,
- speciální technologické postupy vedoucí ke zvýšení odolnosti proti opotřebením,
- spolehlivost a diagnostika konstrukční část a skupin.

V dnešní době se klade důraz na správnou aplikaci tribotechniky, protože s její pomocí lze dosáhnout významných úspor v řadě oblastí.

Z nejdůležitějších oblastí jmenujme např.:

- zvýšení životnosti strojů a zařízení,
- snížení nákladů na údržbu a opravy strojů,
- zvýšení výrobní přesnosti strojů,
- snížení spotřeby energie k pohonu strojů,
- snížení prostojů vzniklých v důsledku poruch a následných oprav,
- snížení investičních nákladů,
- snížení nákladů potřebných k zajištění vhodných maziv.

4 Hlavní částí rychlokovací linky dle výkresové dokumentace

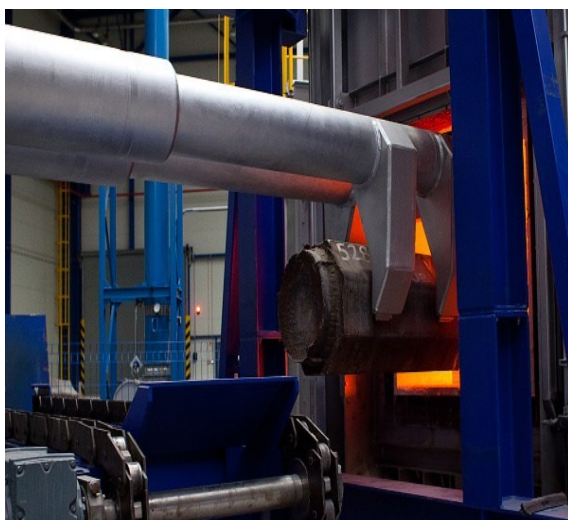
Trat' se skládá z několika částí.

Ve výkresové dokumentaci (příloha č. 1) vidíme celou budovu, ve které se nachází tyto hlavní částí rychlokovací linky:

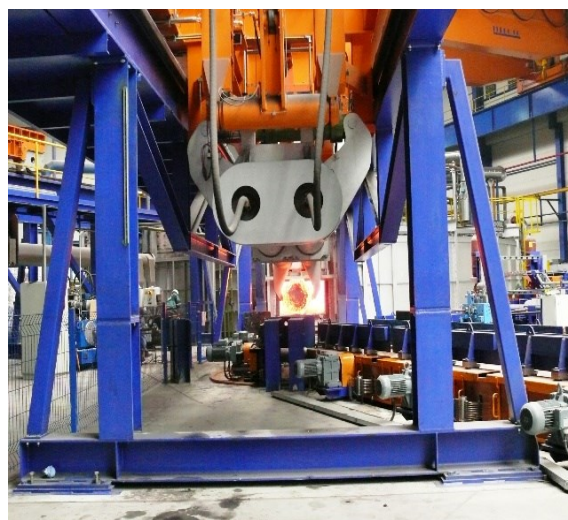
- sběrná pec tzn. předehřívací pec (A)
- karuselová ohřívací pec (B)
- rychlokovací stroj (H)
- pila na řezání materiálu (F)
- linka pro tepelné zpracování (Q)
- skladovací a expediční hala (P)

4.1 Popis radiální rychlokovací linky

Příchozí materiál (ingoty z ocelárny) je přivážen po železnici nebo je dopravován speciálními silničními vozidly. V závodě je podle požadavků výroby materiál vsazen jeřábem do sběrné pece, kde dochází k vyrovnání teplot celé vsázky. Pak materiál (ingot) postupuje na dopravník, kterým je přesunut k manipulátoru. Manipulátorem jsou ingoty vsazeny do karuselové ohřívací pece (obr. 11), ve které se ohřívají na požadovanou teplotu, přičemž se vnitřní část pece otáčí.

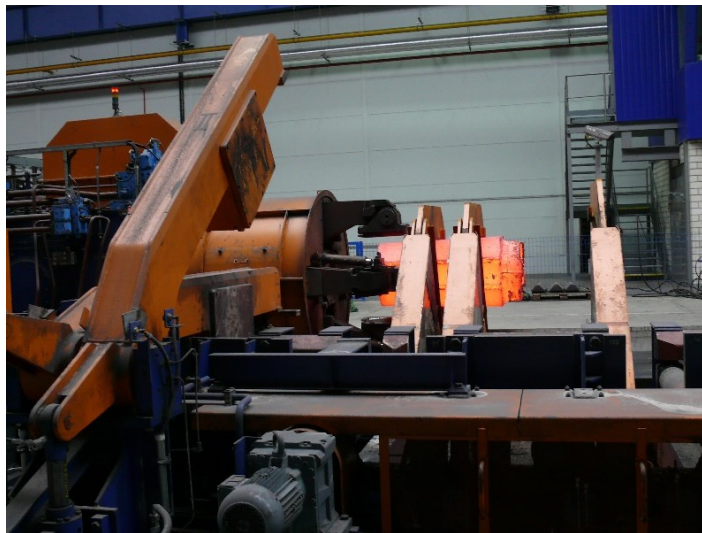


Obr. 11 Vkládání ingotu do pece
(zdroj [6])



Obr. 12 Vytahování ingotu z pece
(vlastní zdroj)

Z karuselové ohřívací pece druhý manipulátor vyjme ohřátý ingot a přesune ho na válečkový dopravník viz obr. 12, který ho posouvá k hydraulickým kleštím. Tyto kleště uchopí ingot a předají ho dalšímu manipulátoru RKS (obr. 13), jenž uchopí ingot do čelistí a posouvá ho do rychlokovadla.



Obr. 13 Hydraulické kleště a manipulátor (vlastní zdroj)

Zde dochází k rozkování ingotu, který je postupně otáčen a posouván dopředu. Po vysunutí dané části z rychlokovadla, uchopí zpracovaný materiál manipulátor, který je totožný se vstupním manipulátorem obr. 14. Kromě úchopné funkce, materiálem otáčí a rychlokovadlo rozkovává materiál na požadovanou délku a průměr. Materiál z obou stran podpírají výsuvné válečky. Po nastavení požadovaných parametrů probíhá celý proces automaticky.

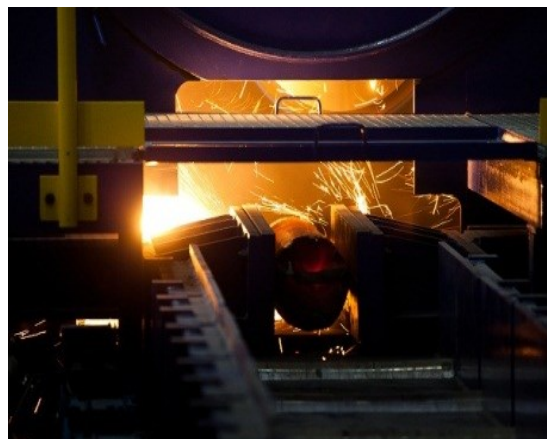


Obr. 14 Rychlokovadlo a manipulátory (vlastní zdroj)

Po vytažení z rychlokovacího stroje je materiál z podpěrných válečků přesunut pomocí hydraulických kleští (obr. 15) na válečkový dopravník, který ho posouvá k pile, kde dochází k řezání konců (obr. 16) vykovaného profilu. Proces je opět zcela automatizován.



Obr. 15 Hydraulické kleště (vlastní zdroj)



Obr. 16 Dělicí pila (zdroj [6])

Před přesunutím do vedlejší haly dojde k označení materiálu (je automaticky, ještě za tepla, značen strojově). V hale pro tepelné zpracování je materiál podle jakosti zpracován přes tepelnou linku nebo je chlazen vzduchem. Některé výkovky jsou po rozdělení přímo kaleny (z dokavací teploty).



Obr. 17 Kalící hala (vlastní zdroj)

Zchladlé výkovky jsou jeřábovými manipulátory dopraveny k zařízení pro dokončovací operace. Část z nich je rovnána na rovnacím lisu a po vyrovnaní jsou zařazeny k ostatnímu materiálu. Zbytek je dopraven k otryskání povrchu, na defektoskopii a opravu případných povrchových vad. Následně jsou dopraveny do skladovací a expediční haly.

Ve skladovací a expediční hale jsou pásové pily, které slouží k dělení materiálu na požadovanou délku dle přání odběratelů (zákazníků). Výkovky jsou před expedicí uloženy do skladovacích stojanů. Stejně jako přichodzí materiál, tak i expedice je možná kolejovou nebo silniční automobilovou dopravou.



Obr. 18 Expediční hala (vlastní zdroj)

4.2 Systémy mazání radiální rychlokovací linky

Na dané lince se používají krátkodobé a dlouhodobé mazací systémy.

Krátkodobé mazání - mazací látka po projití mazacím místem odchází (odkapává), nevrací se zpět do mazacího místa. Je to tak zvané nenáročné mazání, tzn. ztrátové, které se rozděluje podle použitého maziva, a to na olej nebo plastické mazivo. Dále můžeme dělit soustavu na tlakovou, beztlakovou, jednotlivou a ústřední, kdy je mazivo dodáváno do mazacích míst v určitém množství, v přerušovaném nebo plynulém sledu.

Dlouhodobé mazání - jedná se o způsob mazání, kdy olej prošel mazacím místem a po určitém čase se do daného místa zase vrátil, a to bez vnějšího zásahu. Mazací látka v těchto případech se používají až do přípustných mezí (na mazivo jsou kladeny vysoké požadavky). Je zřejmé, že nejzákladnější dělení je určeno druhem maziva – oleje, plastické mazivo.

4.2.1 Mazací systémy na rychlokovací lince

Karuselová ohřívací pec - se nachází na výkrese (příloha č. 1) pod písmenem B, je mazaná centrálním mazacím systémem, a to plastickým mazivem konzistence NLGI 2 (KP2K-20), které je dodáváno potrubím pod karuselovou pecí pro mazání ložiskových domků, ve kterých jsou umístěna valivá ložiska, na kterých se otáčí pojezdová kola této pece viz obr. 19. Na druhém obr. 20 vidíme centrální mazání, které je umístěno vedle karuselové pece na výkresové dokumentaci (příloha č. 1) pod písmenem C. Toto mazání je automatické a v pravidelných intervalech je mazivo dodáváno do mazacích míst pod pecí.



Obr. 19 Pojezdové kola (vlastním zdrojem)



Obr. 20 Centrální mazání
(vlastním zdrojem)

Dále se pod pecí nachází pohony pece, které umožňují otáčení. Tento pohon je napojen na centrální mazání plastickým mazivem a maže ložiskové domky s ložisky viz obr. 21. Pohon je vybaven elektromotorem o výkonu 5,5 kW s převodovkou, ve které je tzn. celoživotní náplň, převodový olej CLP 220.



Obr. 21 Pohon karuselové pece (vlastním zdroj)

Manipulátory - jsou mazány a ovládány centrálním systémem, ve kterém je hydraulická kapalina HLP 46 obr. 22. Ovládací a mazací systém je umístěn vedle manipulátorů, tyto manipulátory (obr. 23) jsou na výkresové dokumentaci (příloha č. 1) označeny pod písmenem D.



Obr. 22 Hydraulický systém
(vlastním zdroj)



Obr. 23 Manipulátor (vlastním zdroj)

Válečkový dopravník před rychlokovadlem – je mazán plastickým mazivem NLGI 2 (KP2K-20), mazání probíhá tak, že se maznice připojí na rozdělovací kostky, na kterých jsou plnicí ventily viz obr. 24. Z tohoto rozdělovače jsou mazané ložiskové domky, ve kterých jsou umístěna valivá ložiska. Z těchto rozvodů se mažou i některé pohony válečkového dopravníku. Tyto válečky se musí pravidelně mazat v pravidelných intervalech, aby se nezadřely. Mazání není automatizováno, všechna mazací místa musí zaměstnanec projít osobně. Válečkový dopravník je na dokumentaci označen E.



Obr. 24 Rozdělovací kostky (vlastním zdroj)

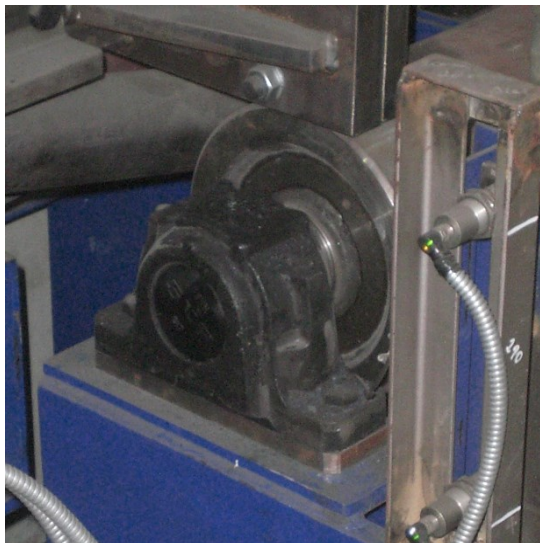
Manipulátory a rychlokovadlo - tyto manipulátory a rychlokovadlo jsou ovládány a mazány dvěma hydraulickými stanicemi, které jsou rozděleny na nakládací část (odpadní nádrž č. 1) a vykládací část (odpadní nádrž č. 2). Tyto hydraulické stanice jsou stejné. Na výkrese (příloha č. 1) jsou manipulátory a rychlokovadlo označeny písmeny F, G, H, CH, I. Mazání a ovládání je centrálním systémem a je plně automatizováno. Tyto stanice ovládají pomocí tlaku i rychlokovací lis (obr. 25).



Obr. 25 Manipulátor a rychlokovadlo (vlastní zdroj)

Válečkový dopravník - válečky se nachází na pravé straně ve výkresové dokumentaci (příloha č. 1) a jsou značeny písmeny J a K. Tato ložiska válečků jsou mazána ručně přímo na ložiskových domcích viz obr. 26. Tyto válečky se mažou v pravidelných

intervalech, ale nevýhodou je, že každý z válečků a tudíž každý ložiskový domek, které jsou dva na každém válci, se musí mazat ručně, což je opět časově náročné.



Obr. 26 Ložiskový domek (vlastním zdroj)

Dělicí pila (pila za tepla) - je na výkrese označena písmenem L, je ovládána a mazána centrálním systémem, který je přímo vedle pily viz obr. 27. Jedná se o Hydraulic Power Unit NS400L-2XAKP 45-18KW. Tato pila je zcela automatizována.



Obr. 27 Ovládací a mazací systém dělicí pily za tepla (vlastní zdroj)

Kalící nádoby a manipulátor - celkem jsou 4 kalící nádoby, které jsou umístěny ve vedlejší hale. Nádoby jsou zakresleny v příloze č. 1 pod písmenem M. Tyto nádrže a pece jsou ovládány a mazány systémem Bosch Rexroth AG D-97816 Lohr. Každá nádrž má svůj ovládací a mazací systém, z toho vyplývá, že jsou zde 4 totožné systémy viz obr. 28.



Obr. 28 Ovládací a mazaný systémem
(vlastním zdroj)



Obr. 29 Manipulátor (vlastním zdroj)

Na manipulátoru se nachází ovládací a mazací systém Bosch Rexroth AG D-97816 Lohr. Celý manipulátor je možno vidět na výše zobrazeném obr. 29. Tento manipulátor slouží pro vkládání vykovaneho materiálu do pece a po predehřátí na danou teplotu je zase vyjme a vloží do kalících nádob.

Rovnací lis a tryskací zařízení - tato místa jsou mazána hydraulickým olejem pro činnost rovnacího lisu, která se mažou a ovládají s centrálního systému viz obr. 30. Rovnací lis se nachází na výkresové dokumentaci pod písmenem N. Zároveň hned vedle rovnacího lisu je pracoviště pro povrchové úpravy, označeno písmenem O.



Obr. 30 Mazací a ovládací systém (vlastním zdroj)

Válečky - ostatní válečky, které jsou na výkrese zakresleny, ale nejsou uvedeny výše v popise mazání, jsou mazány přes ložiskové domky. K mazání je používáno plastické mazivo NLGI 2 (KP2K-20), všechna tato místa se musí mazat ručně, a to buď přes ruční maznici, nebo pomocí mazacího heliosu (pojízdného). Tyto válečky už nejsou tak tepelně namáhány jako na rychlokovací lince, a proto není potřeba tak pravidelného mazání jako v předešlé hale.

5 Návrh Tribodiagnostiky (metody tribodiagnostiky)

Tribodiagnostika – je zvláštní odštěpenou skupinou tribologie. Využívá komplexu informací o třecích tělesech, mezilátek a okolí (tedy tribologických uzlech) k posouzení stavu opotřebení (detekce, lokalizace, specifikace, predikce v rámci procesu opotřebení). Podstatou je využití maziva pro získávání informací o stavu maziva a samostatném mazivu. Účelem je získávání dat z obsahu maziva, ve kterém se nachází cizí látky, které nám umožňují pochopit a včas upozornit na vznikající poruchy. V některých případech můžeme lokalizovat místo vzniku poruchy, a to pomocí otěrových kovů v mazivu. Tribodiagnostice se také říká bezdemontažní technická diagnostika.

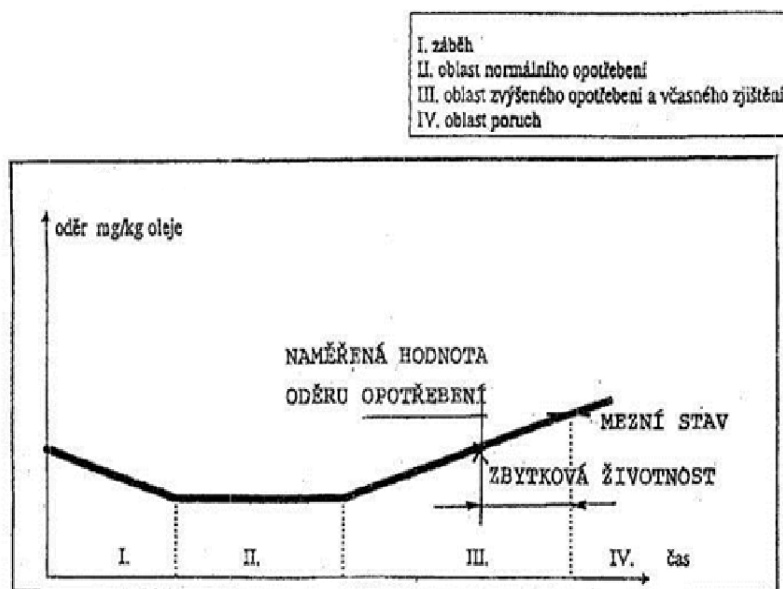
Obsahem tribodiagnostiky je i sledování maziva, a to z důvodu jeho stárnutí (degradace). Dále se zabývá použitím maziva, a to proto, že se nemůže všude používat stejné mazivo.

Při práci stroje nebo strojního zařízení dochází k styku (tření) dvou ploch a vzniká opotřebení. Dochází k následnému uvolňování částic kovů nebo jejich sloučeniny, které jsou mazacím systémem vyplavovány z třecích míst. Odcházejí spolu s mazivem a cirkulují v daném systému stroje. Množství koncentrace těchto částic v oleji signalizuje míru opotřebení, tzn. čím více částic, tím větší opotřebení.

Tribodiagnostika má tedy dva hlavní úkoly:

- 1) sleduje stav opotřebení strojních zařízení
- 2) a zkoumá degradace samostatného maziva.

S pomocí degradační (postupná) formy vzniku poruchy můžeme přesněji určit, respektive předpovídat tzv. zbytkovou životnost (čas do nutné opravy) jak v bodové, tak intervalové podobě. K sledování nárůstu otěrových částic v mazivu se jako sledovaný parametr používá počet a velikost otěrových částic v závislosti na čase, tento pojem je známý jako Vanová křivka obr. 31.



Obr. 31 Průběh poškození vlivem opotřebení (zdroj [1])

Pravidelné sledování stavu oleje

- dovoluje určit životnost maziva
- zhodnotit celkový stav stavu mazacího obsahu a technického stavu zkoumaného strojního zařízení bez demontáže
- omezit poruchovost a předcházet neplánovaným opravám
- prodloužit životnosti sledovaných strojů
- ušetřit náklady na opravy a zabránit prostojům ve výrobě

5.1 Metody tribodiagnostiky

Jak bylo výše zmíněno tak TTD se dělí do dvou základních skupin.

1) Stanovení stavu opotřebení a koncentrace otěrových kovů

Zkoušky pro stanovení přesného stavu (kvality) maziva, tzv. degradace maziva, zde rozlišujeme motorové a průmyslové oleje, u těchto olejů mluvíme o sledování resp. o aplikaci těchto metod:

- kinematická viskozita,
- obsah vody,
- bod tuhnutí,
- bod vzplanutí
- číslo celkové alkality a kyselosti,

- celkové znečištění a mechanické nečistoty,
- kapková zkouška,
- Conradsonův karbonizační zbytek,
- a dále zde můžeme zařadit spektrální analýzu olejů.

2) Metody pro stanovení celkové diagnostiky maziv a strojních zařízení:

Tyto metody můžeme dále rozdělit do dvou skupin:

- metody pro určení koncentrace otěrových kovů:
 - atomová absorpční spektrofotometrie,
 - atomová emisní spektrofotometrie,
 - atomová spektrofotometrie,
 - polarografie a voltametrie,
 - metoda RAMO,
- metody pro hodnocení morfologie a distribučního rozdělení částic kovů:
 - částicová analýza neboli ferografie s dvěma způsoby vyhodnocení:
 - a) Feroskopickým (morfologie a chemické složky)
 - b) Ferodenzimetrickým (distribuce vzhledem k velikosti)

5.1.1 Kinematická a dynamická viskozita

Viskozita je jedna z nejdůležitějších vlastností maziva pro hydrodynamické tření, a proto je jednou z hlavních zkoušek u mazacích olejů a základem pro jejich třídění a výběr daného maziva do provozu.

Nárůst je způsoben meziprodukty oxidačních povah, vytváří se emulze těchto produktů při styku s vodou, popřípadě znečištěním kondenzačními produkty.

Pokles viskozity je způsoben v první řadě teplotní a mechanickou degradací aditiv a u motorových olejů dochází vniknutí paliva do mazacího systému.

Jestliže je viskozita příliš nízká, dochází k tzv. mazání na sucho (tření) a k nadměrnému opotřebení. Při příliš vysoké viskozitě může docházet až ke ztrátě energie vzhledem ke koeficientu tření. Při změně teploty o 1°C dochází k změně viskozity až o 5%.

Kinematická viskozita charakterizuje mazivost, slouží ke vzájemnému třídění. Viskozita se dá měřit několika druhy viskozimetrů podle ČSN 65 6216 (viskozimetry typu Cannon-Fenske, Pinkevič, Ubbelohde, Cannon-Fenske-Opag, Kössler apod.). Kompletní

norma je ČSN EN ISO 3104. Uvedené viskozimetry jsou provedeny v kapilárním typu a kinematická viskozita se určuje ze vztahu: $v = c \times \tau$ [$\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$], kde c je viskozimetr a každý má svou konstantu a τ je aritmetický průměr doby průtoku viskozimetrem. Viskozita oleje se nesmí lišit nebo měnit více jako $\pm 20 \%$. Máme dva druhy viskozimetrů. Jedním je automatický viskozimetr a druhý je poloautomatický, který můžeme vidět na obr. 32.



Obr. 32 Poloautomatický viskozimetr (vlastním zdroj)

5.1.2 Obsah vody

Provádí se vždy ve dvou etapách, nejprve se voda kvalitativně zjišťuje jednoduchou metodou např. zahříváním oleje na rozpálené kovové podložce. Podle praskavého zvuku lze usoudit, že v oleji je obsah vody. Až poté následují složitější laboratorní metody ke stanovení obsahu vody. Pro TTD se jeví nejvhodnější metoda Coulometrická, popřípadě Fischerova titrační metoda pro stanovení vody v oleji.

Přítomnost vody je nežádoucí v mazacím a hydraulickém oleji, a to proto, že způsobuje či podporuje:

- korozi součástí,
- vypadávání aditivů,
- pění oleje,
- tvorbu emulze,

- zvyšování viskozity,
- snižování oxidační stability oleje,
- tvorbu kalů.

Obsah vody vychází z všeobecného názoru, kdy se povoluje max. 0,2% hmotnosti obsahu vody.

Metody hodnocení obsahu vody

Vizuální zkouška-tato zkouška spočívá ve vizuálním posouzení, správném odebrání a protřepání vzorku oleje. Pokud vzorek obsahuje vodu v minimální koncentraci 0,025% , tak poté dojde k zakalení vzorku. Jestliže vzorek zůstane čirý, tak v oleji voda není. Tato metoda je ale závislá na znalosti a zkušenosti pracovníka, proto je subjektivní a slouží čistě pro orientační posouzení.

Prskací zkouška-je to metoda, kde se vzorek odebere kapátkem nebo stříkačkou v malém množství, 2 až 3 kapky oleje se kápnou na už předem rozpálenou zkušební plochu. Tato plocha má okolo 180°C. Olej se na rozpálené ploše rozptýlí do šířky. Jestliže vzorek neobsahuje stopy vody ani vlhkosti, tak zůstane povrch stejný, bez vzniku bublinek. V této metodě můžeme sledovat obsah vody od 0,02% . Při této koncentraci vody se objeví v oleji mikrobublinky s vířivým pohybem.

Coulometrická metoda-jedná se o jednu s nejpřesnějších metod k určení stopkového obsahu vody. Zveřejnil ji K.Fischerem a je definována ČSN ISO 760. Titrací nádobou prochází proud a tím uvolňuje jód I_2 , který reaguje s vodou. Jeden mol jódu reaguje s jedním molem vody, 1mg vody je ekvivalentní náboji 10,71 A. Při titraci je po zreagování vody generovaným jódem indikován obsah nadbytečného jódu v nádobce.

Destilační zkouška-je kvantitativní metoda pro stanovení množství vody od 0,02%, ale s menší přesností a citlivostí než v předchozí metodě. Destilace se provádí např. s xylenem (podle ČSN EN ISO 9029).

5.1.3 Bod vzplanutí

Bod vzplanutí je nejnižší teplota, při které vzniká nad hladinou vzorku taková koncentrace par a vzduchu, která po projetí plamenem vzplane minimálně 5 sekund a opět zhasne.

Metody stanovení Bodu vzplanutí jsou: A) Uzavřený kelímek

B) Otevřený kelímek

A) Podstata zkoušky – vzorek je zahříván bez míchání v uzavřeném kelímku, v určitých intervalech se do kelímku dává na 2s zkušební plamen. Zkoumá se nejnižší teplota, při které vzplane a vzápětí zhasne. Nad hladinou se tvoří směs par a vzduchu. Tahle metoda je definována podle: Penskyho-Martense-ČSN EN 2719

B) Princip zkoušky – je v zahřívání daného vzorku, který je umístěn v otevřeném kelímku a ohříván předepsanou rychlostí. Po zahřátí vzorku vznikají nad hladinou páry, které po přiložení zkušebního plamínku vzplanou po dobu nejméně 5 s bez přerušení. Tahle metoda je definovaná podle: Clevelanda – ČSN EN ISO 2592

V dnešní době se čím dále více používají automatické způsoby měření, kdy celý postup je již plně automatizován. Tento systém má výhodu v tom, že veškerá data jsou přesně zaznamenána, digitalizována a dají se vytisknout.

5.1.4 Číslo celkové alkality a kyselosti

V provozu dochází k degradaci maziva, vznikají vyšší a nižší organické kyseliny. Ve spalovacích motorech mohou být přítomny i minerální kyseliny jako produkt spalování. Volné minerální kyseliny zapříčiňují korozivění, a proto jsou v oleji nežádoucí, z tohoto vyplývají dva nepříznivé důsledky:

- podporuje korozivnost maziva jako důsledek vyšší kyselosti,
- nesprávná funkce oleje je důsledkem špatné viskozity.

Číslo kyselosti je jediným ukazatelem, který postihuje stárnutí průmyslových olejů, a proto jí musíme věnovat náležitou pozornost. U průmyslových olejů však většinou dochází k znečištění než ke stárnutí.

Stanovení čísla kyselosti dle ČSN ISO 6618 - metoda je postavena na titraci kyselých sloučenin obsažených ve vzorku alkoholickým roztokem KOH na indikátor. Kyselost se udává v mg.KOH.g^{-1} . Výsledek je aritmetický průměr výsledků dvou souběžných stanovení

Číslo kyselosti TAN (Total Acid Number) - sděluje informace o nárůstu kyselých látek, které mohou korozivně napadnout materiál. Je určena množstvím KOH (v mg,

potřebných k neutralizování všech kyselých složek obsažených v 1 gramu zkoumaného vzorku. Jeho množství informuje o nárůstu kyselých látek, které vznikají v důsledku termooxidačních reakcí oleje. Tyto kyselé látky v oleji korozivně napadají citlivé ložiskové materiály například bronzová pouzdra kluzných ložisek. Princip metody je v neutralizaci kyselých složek oleje hydroxidem alkalického kovu.

Při zkoušce se promíchá stejné množství oleje a roztoku směsi a nechá se 15 minut stát. Po uplynutí dané doby se zkušební vzorek zbarví. Zajímá nás vrchní část nádoby, pokud je zbarvení modré, případně modrozelené, je číslo kyselosti nižší než koncentrace hydroxidu v daném vzorku. Pokud se zbarví vrchní část zeleně, je číslo kyselosti oleje přibližně stejné a pokud je daná vrstva zbarvena žlutozeleně až žlutě, je daná mez kyselosti přesažena. Tato metoda je velice přesná a spolehlivá.

Číslo celkové alkality TBN (Total Base Number) - metoda podle normy ČSN ISO 3771 - celková alkalita (mg.KOH.g^{-1}) udává množství kyseliny chloristé, vyjádřené počtem miligramů hydroxidu draselného, který je potřebný k neutralizaci veškerých zásaditých látek přítomných v 1 g vzorku oleje.

U oleje bez nečistot udává velikost alkalické rezervy, u odebraných vzorků oleje se udává stupeň jejich vyčerpání a zjištění zbytkové životnosti oleje. Dále určuje, zda v mazivu je dostatek účinných látek s detergentně disperzními vlastnostmi a zda je schopná neutralizovat kyselé zplodiny s korozivními účinky.

Stanovení limitních hodnot pro výměnu oleje TBN by nemělo spadnout pod 50% čisté oleje. Hodnota TBM během provozu nesmí být nižší než číslo celkové kyselosti TAN, aby nedošlo ke korozi uvnitř motorové části. V dnešní době už existují automatické stroje pro určení TAN a TBN, ale kdysi se vše určovalo ručně.

5.1.5 Celkové znečištění a mechanické nečistoty

Celkové znečištění-patří mezi smluvní zkoušky a její výsledky jsou závislé na principu použité metody. Zkoumání změn dielektrických vlastností oleje – vyhodnocuje celkové mechanické nečistoty a zplodinami termooxidačních reakcí. Tato metoda je postavena na fotodenzimetrii. Dá se také určit celkové znečištění, princip spočívá na měření zeslabení a procházejícím zářením daného vzorku. Používané přístroje jsou označeny: TCM-H (fotodenzimetrie bílého světla – citlivé na mechanické nečistoty) a CCT – infra (fotodenzimetrie infračervená na vlnové délce karbonizačního zbytku, tzn. termooxidační produkty).

Obsah nečistot – dělíme na:

- A) Mikroskopické stanovení velikosti a počtu nečistot podle normy ISO 4407 – nečistoty zachycené na membránovém ultrafiltru jsou sčítány pod mikroskopem, podle velikosti, pomocí okulárového měřítka, kde se sledují částice $>5\text{ }\mu\text{m}$ a $>15\text{ }\mu\text{m}$. Značí se např. -/18/15.
- B) Další používanou metodou je NAS 1638, kterou se hodnotí množství nečistot ve 100 ml kapaliny. Sledované částice jsou řazeny do šesti skupin viz tab. 1.

Tab. 1 Obsah nečistot dle NAS 1638

2-5 μm
5-15 μm
15-25 μm
25-50 μm
50-100 μm
$>100\text{ }\mu\text{m}$

Obsah částic se zjišťuje statistickou metodou ze skutečného počtu, zjišťujeme částice na části účinné plochy filtru.

C) Kód čistoty (Metoda kódování úrovně znečištění pevných částicemi) podle ČSN ISO 4406 -norma určuje kód pro určení obsahu pevných nečistot v kapalinách a odpovídá stupni znečištění kapalin viz tab. 2. Stanovuje se v 1 ml vzorku. Kód je určen ze tří čísel podle nové normy, ve staré normě byl určován jen ze dvou čísel:

- první řada čísel reprezentuje počet částic rovno nebo větších $4\text{ }\mu\text{m}$ na ml kapaliny
- druhá řada čísel reprezentuje počet částic rovno nebo větších $6\text{ }\mu\text{m}$ na ml kapaliny
- třetí řada čísel reprezentuje počet částic rovno nebo větších $14\text{ }\mu\text{m}$ na ml kapaliny

Kód pro počítání určený mikroskopicky se skládá ze dvou čísel $5\text{ }\mu\text{m}$ a $15\text{ }\mu\text{m}$.

M – mikroskopický

AP - automatický počítač nečistot

Příklad značení 21/18/15

Tab. 2 Přiřazení částic ke kódům čistoty

Počet částic v mililitru		Kódové číslo
Více než	Do a včetně	
2 500 000		>28
1 300 000	2 500 000	28
640 000	1 300 000	27
320 000	640 000	26
160 000	320 000	25
80 000	160 000	24
40 000	80 000	23
20 000	40 000	22
10 000	20 000	21
5 000	10 000	20
2 500	5 000	19
1 300	2 500	18
640	1 300	17
320	640	16
160	320	15
80	160	14
40	80	13
20	40	12
10	20	11
5	10	10
2,5	5	9
1,3	2,5	8
0,64	1,3	7
0,32	0,64	6
0,16	0,32	5
0,08	0,16	4
0,04	0,08	3
0,02	0,04	2
0,01	0,02	1
0,00	0,01	0

5.1.6 Spektrální analýza mazacích olejů

Je to nedestruktivní optická analytická metoda, řadí se do skupiny metod molekulové (infračervené) spektrometrie. Tato metoda využívá interakce infračerveného záření s molekulami a charakteristické skupiny molekul. Excitaci molekul dochází při vyšší vibrační hladině, čímž se absorbuje určitými hodnotami energie a následně vznikají ve spektru tzv. vibrační pásy.

Poloha následujících pásů odpovídá určitým charakteristickým skupinám obsažených ve sloučeninách → jednoznačná identifikace. V dnešní době z IČ spektrometrie s Frouerovou transformací (FT-IR) vyplývají následné výhody: vysoká citlivost, o dva řády nižší průchod energie, neporovnatelně vyšší poměr signálu k šumu.

Princip metody

- na dně nádoby je krystal selenidu zinečnatého ZnSe
- na ten se nanese tenká vrstva oleje
- záření proniká krystalem a odráží se od něho a současně vniká do vzorku $1 \div 2 \mu\text{m}$
- odrazů je kolem $10 \div 12$ a podmínkou je, aby byla zajištěna konstantní dráha paprsků
- vzorek obsahuje záření těch vlnových délek, které jsou molekulárním složení vzorku
- doba trvání vyhodnocení je menší než 1 minutu
- výhodou je, že vzorek se nemusí nijak jinak upravovat
- při dalším měření se musí povrch očistit papírovým ubrouskem a organickým rozpouštědlem

Touto metodou se dá stanovit: obsah vody a glykolů, pokles bazické rezervy, obsah paliva, úbytek antikoročních a detergentních přísad.

5.1.7 Částicová analýza – ferografie

Je to způsob, který spočívá v zachycení částic železa a dalších feromagnetických kovů na skleněné sklíčko vlivem silného magnetického pole. Částice se dále pak zkoumají pomocí optického mikroskopu a elektronového mikroskopu, kde se analyzují. Ferografie je metoda, která zjistí opotřebení jak kvalitativně tak i kvantitativně. Princip hodnocení je ve dvou místech, kde dochází k usazení částice o velikosti $15 \mu\text{m}$. Tyto částice se usazují v horní části desky, ve spodní části se usazují částice o velikosti $1 - 5 \mu\text{m}$.

Podle velikosti a tvaru částic se určí a potom lokalizuje dané místo opotřebení. Při zkoumání částic se nejprve posuzuje tvar a povrch velikosti částice. To už potom umožňuje rozlišit částice železa, bronzu, mědi, olova, polymerů, kysličníku železa. Pak sledujeme částice podle zbarvení a umístění na ferogramu.

Před světlo se dávají barevné filtry, a to z důvodu barevného rozpoznání částic. Částice čistých kovů jsou neprůhledné, částice kysličníku jsou z části průsvitné a částice polymerů jsou průhledné. Výsledné zbarvení je směska barev odraženého a prosvitajícího světla.

Nejvíce se používá pro prozařování světla zelený filtr, a pro odražené světlo filtr červený. Při používání elektronového mikroskopu ke zkoumání ferogramu jsou na

obrazovce jasně rozpoznatelné tvary částic, podle kterých se dá zjistit způsob opotřebení. Výsledky jednotlivých prvků a částic jsou zastoupeny v procentech. Srovnáváním typů a obsahu částic se zjistí, zda nedochází k nadměrnému opotřebení.

Rozdělení částic podle typu a velikosti:

- částice typu L jsou větší než 15 μm , desítky až stovky μm , příčinou je značné přetěžování stroje, vibrace, rázy v zařízení nebo nesprávné použití maziva.
- částice typu S vznikají při normálním používání, jsou menší než 15 μm , mají šupinkovitý typ

Tyto částice S a L můžou předejít větším opravám a následným prostojům. Pozorujeme ferografické stopy pro zjišťování jeho hustoty se dělá odečítáním hodnoty propustnosti na ferogramu. Hustota se zjišťuje: $F_d = \log \frac{A_c}{A_c - A_l}$

F_d – je fotodenzita ferogramu v %

A_c – je celková snímaná plocha, tj. 100%

A_l – je procento plochy pokryté částicemi L nebo S

5.1.8 Atomová spektrometrie (AS)

Je to analytická metoda, která zajistí kvalitativní nebo kvantitativní obsah zkoumaného vzorku. V AS se dodá atomu energie (tepelná, chemická, elektrická nebo elektromagnetická), která se přeměňuje atomickým procesy na energii světelnou.

Spektrofotometrii potom můžeme rozdělit na emisní a absorpční. Výhodou emisní spektrofotometrie je, že jedno měření určí kvalitativní a kvantitativní výsledky vzorku, ale na rozdíl od absorpční metody je nižší selektivita.

Účelem atomové spektrofotometrie je určení velikosti částic a jejich velikost, která je desetiny, až desítky mikrometrů. V dnešní době nejvíce používaná metoda je plamen – atomová absorpční spektrometrie.

5.1.9 Atomová emisní spektrometrie (AES)

Princip této metody spočívá ve zkoumání záření, které vysílá vzbuzené atomy nebo molekuly do kterých je přivádí (uvádí) dodaná energie (plamen nebo elektrický oblouk). Podstatou emisní spektrometrie je určit kvalitativní a kvantitativní obsah vzorku ze spektra,

které vzniká frekvencí (vlnová délka). Spektrum vzniká ze souborů frekvencí (vlnová délka) záření, která vzorek v daném zdroji vysílá.

Kvalitativní složení vzorku – je určen počtem a hodnotami charakteristických frekvencí

Kvantitativní složení vzorku – poměrné rozdělení intenzity záření na tyto frekvence

Rozdělení metod AES s elektrickým zdrojem:

–AES–RDE – atomová emisní spektrofotometrie s rotační diskovou elektrodou,

–OES–DCP – optická emisní spektrofotometrie s plazmatem stejnosměrného proudu,

–OES–ICP – optická emisní spektrofotometrie s indukčně vázaným plazmatem.

5.1.10 Atomová absorpční spektrofotometrie (AAS)

Princip pochází ze zákona formulovaného Kirchhoffem, že každý prvek je schopen přijímat světlo té samé vlnové délky, které emitují. Měří se zeslabení paprsků po průchodu vzorkem (absorbuje určitou vlnovou délku, aby elektron mohl přejít na vyšší energetickou hladinu).

Měřený prvek se musí atomizovat-převést do plynného stavu

– plamenová AAS – atomizací plamenem, do kterého se vzorek přivádí ve formě aerosolu

– AAS – ETA – s elektrotermickou atomizací, vzorek se odpařuje z odporové vyhřívané podložky

6 Aplikace metod Tribodiagnostiky na Rychlokovadle na nádrži č.1

6.1 Použitý hydraulický olej HLP 46

Popis:

Hydraulický olej je určen pro používání jako tlaková kapalina v hydraulických zařízeních. Olej obsahuje účinné látky pro zdokonalení odolnosti proti stárnutí a extrémním tlakům a na ochranu proti korozi. Díky obsaženým přísadám jsou všechny kladené požadavky splněny a kapalina je vhodná pro použití především v hydraulických zařízeních. Kapalina je vhodná i do vysokých teplot, pro čerpadla a hydromotory, jejichž podmínky provozu vyžadují oleje s ochranou proti opotřebení při smíšeném tření. Jedná se o vysokotlaký minerální olej. Je neutrální vůči těsnícím materiálům, dlouhá životnost. Provozní vlastnosti podle DIN 51 524, díl 2.

Vlastnosti:

Technické údaje			
ISO			46
Hustota	(15°C)	kg.m ⁻³	877
Viskozita	(40°C)	mm ² .s ⁻¹	46
Viskozita	(100°C)	mm ² .s ⁻¹	6,7
Viskozitní index			98
Bod vzplanutí		[°C]	220
Bod tuhnutí		[°C]	-27
T.A.N.		mg.KOH.g ⁻¹	1
Mechanické nečistoty			nepřítomny
Voda		[ppm] max	100

Použití:

Hydraulický olej HLP 46 je určen k přenosu síly v hydrostatických soustavách a k pohonu hydraulických zařízení, tj. v hydraulických převodech, řídicích a regulačních mechanismech a v jiných zařízeních, která pracují v těžkých pracovních podmínkách, zvýšené teplotě

a vlhkosti prostředí. Tlak do 25 MPa je v zubových čerpadlech a do 35 MPa v pístových čerpadlech.

6.2 Odběr vzorků

Odběr vzorku se provádí pravidelně a má ji provádět jedna osoba, která je proškolená jak odebírat vzorek, aby nedošlo ke zkreslení výsledků. Vzorek by se měl odebírat ze stejného místa, aby se mohl sledovat dlouhodobý stav oleje a nezkreslovaly se výsledky. Odběr se provádí do čistých vzorkovnic o objemu 300 ml tak, že stroj musí být minimálně 20 minut v provozu (podmínkách), a to proto, aby byl dokonale promíchaný a ohřátý olej na provozní teplotu. Po promíchání a ohřátí oleje se odpustí 500 ml oleje do prázdné a čisté nádoby, po odpuštění můžeme olej vlít zpátky nebo ho ekologicky vyhodit. Po odpuštění z kontrolního místa oleje, čímž dojde propláchnutí odběrného zařízení, se potom odpustí cca 200 – 250 ml oleje.

Každý vzorek musí být označen příslušným štítkem, který musí obsahovat: číslo vzorku, datum odběru vzorku, druh kapaliny, druh zařízení (agregátu), místo odběru, typ vzorkovacího ventilu nebo vzorkovacího zařízení, počet provozních hodin, jméno vzorkovače. Potom se vzorek posílá do laboratoře s průvodkou. Vítkovice Hammering a. s. mají svoji interní průvodku viz příloha č. 2.

6.2.1 Místo odběru

Místo odběru jsme zvolili na nádrži číslo jedna. Odpadní nádrž viz obr 33. Prováděný odběr byl proveden pod dohledem zaškoleného zaměstnance. Vzorek byl řádně označen. Na nádrži je i umístěno čidlo teploty, proto byla zajištěna i správná teplota oleje.



Obr. 33 Nádrž 1 (vlastní zdroj)

6.3 Použité přístroje při testování hydraulického oleje HLP 46

6.3.1 Bod vzplanutí v otevřeném kelímku

Model NLC 220

Technické data: Teplotní rozsah - okolí do 400 °C

Měření teploty - Pt 100 sonda

Ohřívání – Automatické

Zapalování – plyn

Teplotní čidlo – termostat

Topný výkon - 1000 W

Rozměry v mm - 350x250x330

Hmotnost v kg – 10

Hlavní funkce jsou – otevřený kelímek a test bodu vzplanutí, elektronická regulace topení, snadné ovládání kalibrací parametrů, ukazatel teploty digitální.

Tato metoda je popsána v kapitole 5.2.4

6.3.2 Stanovení obsahu vody

Na tuto metodu byl použit přístroj NLC220 viz výše. Při zkoumání olej nepěnil, tudíž neobsahoval vodu a nebylo potřeba použít Coulometr WTK pro stanovení obsahu vody.

Popis metody je popsán v kapitole výše 5.2.2.

6.3.3 Stanovení čísla kyselosti

Pro stanovení jsem používal čisté nádoby a odměrky. Postup a princip metody je popsán v kapitole 5.2.5

6.3.4 Kinematická viskozita

Byl použitý poloautomatický viskozimetr viz obr. 34. Popis metody se dočteme v kapitole 5.1.1.



Obr. 34 Poloautomatický viskozimetr (vlastní zdroj)

6.3.5 Kód čistoty

Při téhle metodě byl použit přístroj od firmy Diagnetcs pro zjišťování počtu a velikosti částic otěrových kovů obr. 35.

Technické specifikace přístroje: doporučený tlak vzduchu je 80 až 130 PSI

stupeň vzduchového filtru- 5 mikronů

kompatibilita tekutiny-kompatibilní s Viton plombou

počet talových komor 2

max. tlak tlakové komory – 12 PSI

doporuč. Nastavení regulátoru tlaku – 60 PSI, 50PSI



Obr. 35 Přístroj na stanovení kódu čistoty (vlastní zdroj)

Metoda je popsána podrobně v kapitole 5.2.6.

6.3.6 OES spektrometr

Jedná se o optický emisní spektrometr s induktivně vázanou plazmou. Přístroj se nazývá ICP- AES Spectro Ciros Vision viz obr. 36. Několik technických údajů o stroji: rychlé simultánní vyhodnocení, je možno zjistit více jak 70 prvků, vysoká citlivost, široký lineární dynamický rozsah 5-7 řádů, automatizovatelný proces, vysoká kapacita měření, analýza mikro vzorků, přesnost od 0,2% RDS a vysoká správnost.



Obr. 36 Přístroj pro OES spektrometrii (vlastní zdroj)

Princip metody je popsán v kapitolech 5.3.4, 5.3.5, 5.3.6.

6.4 Vyhodnocení výsledků oleje

6.4.1 Vyhodnocení hodnot z protokolu č.13/01/03 (příloha č.3)

Protokolu č. 13/01/03, příloze č. 3, obsahuje tabulku používaných metod a jejich výsledky. Z protokolu můžeme vyčíst, že obsah vody v oleji je 0%. Dále vidíme, že viskozita při 40°C je $48.30 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, což znamená hydraulická kapalina, je v normě.

Jedním z nejdůležitějších parametrů je kód čistoty, na který je brán největší zřetel. Na protokolu je kód čistoty podle ISO 4406. Tento kód vyšel 13/10. Podle NAS 1638 vyšel 4, z toho vyplývá, že požadovaná třída byla splněna, protože na hydraulický systém je požadavek na třídu v NAS 5, a to kvůli servoventilům. Kód čistoty je proto nízký. Ostatní výsledky jsou na protokolu taky důležité, a to zejména z důvodu sledování degradace hydraulické kapaliny, Jak můžeme vidět, tak všechny zkoušky (metody) vycházejí dobře.

6.4.2 Vyhodnocení výsledků z protokolu č. 13/02/01

Na protokolu (příloha č. 4) můžeme vidět použité metody a jejich vyhodnocení. Kinematická viskozita při 40°C je o něco menší než v předchozím případě. Je ještě

lepší, ale to může být zapříčiněno lidskou chybou při měření, protože byl použit poloautomatický viskozimetr.

Číslo kyselosti a obsah vody vychází dobře a jsou v normě. Kód čistoty, který vychází podle ISO – 16/13 a v třídě NAS 7, což už je hodně na požadavky čistoty oleje z firmy a v daném provozu, je až moc velký. V daném případě a zvýšení NAS se jedná o případ, kdy byl vzorek odebírán po opravě hydraulických válců kovacího stroje v provozu. Do systému se mohly dostat nečistoty. Proto se tahle třída oproti předchozímu protokolu zvýšila. V analýze prvků všechno vyšlo v normě. Sice tento vzorek v NAS vychází více, ale i tak je olej velmi dobrý. Po opravě byla nasazena filtrace Hydack Filter Systems GmbH

6.4.3 Výsledky protokolu č.13/03/44 (příloha č. 5)

Zde můžeme vidět, že se na protokolu tentokrát nedělala prvková analýza a číslo kyselosti. Ale opět se prováděla Kinematická viskozita při 40°C, která vyšla $47 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, což je v požadovaných hodnotách pro daný olej, a to je od 41,4 až $50,6 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Obsah vody zde vychází jako v předchozích protokolech 0%. A opět tady nechybí kód čistoty, který už vychází o něco méně než v protokolu č. 13/02/01, ale oproti protokolu č. 13/01/03 je stále vysoký, a to v ISO 15/12 a v NAS vychází 6. Z kódu čistoty je patrné, že filtrace v daném systému funguje správně.

6.4.4 Porovnání stávajícího oleje s novým olejem

Při porovnávání se vzal čistý olej od výrobce a proměřil se. Pak se vzal olej z provozu a byly provedeny ty samé zkoušky. Po vyhodnocení obou olejů se výsledky zanesly do grafu viz příloha č. 6. Na prvním grafu můžeme vidět, že je rozdělen na dvě části. Ve vrchní části se nachází olej z rychlokovací linky a barevně je označen zelenou barvou, ve spodní části se nachází nový hydraulický olej HLP 46 od výrobce. Na dalším grafu jsou sloučeny tyhle dva grafy dohromady, jen jsou barevně odlišeny přesně naopak a můžeme vidět, že jsou skoro stejné, tudíž můžeme říci, že v hydraulickém systému je skoro stejný olej jak od výrobce.

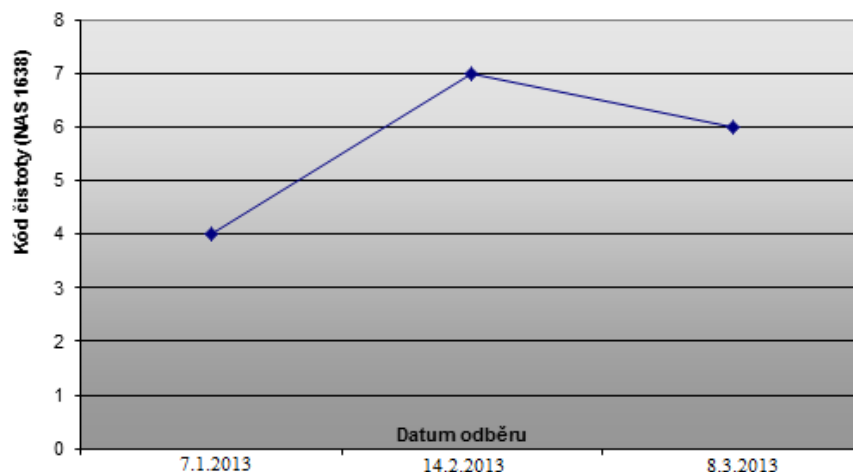
7 Způsob filtrace na lince a doporučení

V hydraulické stanici je umístěna filtrace Hydack Filter Systems Gmbh viz obr. 37, který má za úkol při zvýšení kódu čistoty přefiltrovat olej a dosáhnout požadované třídy čistoty. Tento proces je automatický, ale dá se zapnout, když je potřeba, na základě výsledků protokolů, jak je zřejmé na protokolech č.13/02/01 a č.13/03/44. Zde jde vidět, že tato filtrace byla zapnuta a následně došlo k zlepšení kvality oleje a třídy NAS. Filtrace se musí pravidelně čistit (filtr) podle údaje výrobce.



Obr. 37 Hydack Filter Systems Gmbh (vlastním zdroj)

Na grafech č. 1 můžeme vidět, že olej odebraný 7. ledna 2013 je na tom nejlépe, potom v systému nastaly dvě opravy hydraulických válců kovacího stroje. Při této opravě nejspíše vnikly nečistoty do hydraulického systému. To se projevilo na vzorku, který byl odebraný 14. února 2013, zvýšením třídy nečistoty, což můžeme pozorovat na grafu č. 1. Poslední vzorek byl odebírán 8. března 2013. Po opravě byla nasazena filtrace Hydack, která snížila třídu nečistot viz graf č. 1, na kterém pozorujeme, že opět klesá kód čistoty na požadované hodnoty na olej.



Graf č. 1 (vlastní zdroj)

7.1 Doporučení

V současné době je v tomto hydraulickém systému používán hydraulický olej HLP 46, který sám o sobě má už od výrobce nízký kód čistoty, což můžeme vidět na daných protokolech, kde jsme srovnávali již použitý olej s původním olejem od výrobce. Při opravách, např. při přetěšňování hydraulických válců kovacího stroje, může dojít k vniknutí nečistoty do hydraulického systému. S těmito nečistotami si poradí snadno filtrace Hydack, která je v hydraulickém systému přímo zabudována v hydraulické stanici a je dostačující na to, aby udržovala olej v dobrém stav. Tím se předchází poruchám a následným prostojům ve výrobě.

Oproti současné době, bych doporučoval pravidelné odběry vzorků. Nyní se tyto odběry provádějí buď jen na vyžádání nebo po opravách na rychlokovací lince. Dále bych navrhoval, aby odběry byly prováděny ze stejného odběrného místa. Tato místa bych doporučoval přesně označit cedulí a připevnit ji k danému místu. Ze štítku by mělo být patrné, že se jedná o odběrné místo, jak je vidět například na obr. 38. Dále bych doporučoval dopsat i údaj o typu oleje a číslo odběrného místa (pro dlouhodobé sledování degradace oleje pro danou část linky).



Obr. 38 Štítek odběrného místa (vlastní zdroj)

V protokolech (příloha 3 a 5), nebyly vzorky stejně označeny (může vést k podezření, že odběry byly prováděny z různých míst), což mohlo zapříčinit zkreslení vzorků a výsledků v grafu. Nadále by tyto odběry měla provádět jedna osoba, kterou by měl být pověřený a proškolený pracovník, který by vzorky odebíral podle předepsaných norem. Na odebraných vzorcích bych doporučoval provádět těchto pět základných metod, a to pro stanovení kinematické viskozity, obsahu vody, kódu čistoty, čísla kyselosti a stanovení obsahu aditiv.

Tyto odběry bych prováděl v pravidelných intervalech. Navrhoval bych realizovat tyto rozborů po uplynutí 1 500 provozních hodin (asi 3 měsíce, tento údaj je relativní, protože rychlokovací linka není stále v provozu), viz tab. 3.

Tab. 3 Doporučené provozní hodiny (vlastní zdroj)

Hydraulické oleje	stanovení kinematické viskozity 40°C ČSN EN ISO 3104	1 500 PH
	stanovení obsahu vody ČSN ISO 760	1 500 PH
	stanovení kódu čistoty ISO 4406, NAS 1638	1 500 PH
	stanovení čísla kyselosti ČSN ISO 6618	1 500 PH
	stanovení obsahu aditiv FTIR– infračervená spektrometrie	3 400 PH

Rozbory na obsah aditiv v oleji by se prováděly až po uplynutí 3 400 provozních hodin (asi 7 měsíců, tento údaj je opět relativní, protože linka není stále v provozu).

Domnívám se, že měsíční rozborů jsou zbytečné, a to proto, že stroj není stále v provozu. Měsíční rozborů bych doporučoval provádět jen po případné opravě a v případě podezření, že stroj nefunguje jak má, a to po dobu 3 měsíců. V tomto případě bych nechal provádět jen rozborů na kód čistoty, obsah vody a kinematickou viskozitu při 40°C. Ostatní zkoušky by byly zbytečné a finančně náročné.

Po vyhodnocení a zapsání do tabulek a grafu je potřeba sledovat křivku degradace maziva. Pokud by rozborů prokázaly výrazné snížení aditiv a nešlo je už v oleji obnovit (dodáním nových aditiv), pak řešením je částečná výměna olejové náplně, kdy dojde k částečnému odčerpání určitého množství oleje (odpustit od spodku) a dopuštění nového.

Jestli by podnik nechtěl takto investovat a částečně olej vyměnit, protože toto řešení je jen na nějakou dobu, bylo by možná lepší nechat olej ve stroji (hydraulickém systému) až do přípustných hodnot a poté jej následně celý vyměnit. Tím by podnik zjistil, jak dlouho může olej využívat a získal by celkový obraz jak v charakteristice degradace oleje, tak ve stavu stroje.

Přestože tento provoz běží už zhruba 2 roky, olej je stále ve výborné kvalitě, a to díky správné filtraci a zacházení – tím je myšleno udržování čistoty v provozu, správná kontrola oleje a dbaní na veškeré změny na lince. Dá se říci, že rychlokovací linka je stále jako nová, a proto se ještě přesně nedá určit stav opotřebení pomocí oleje, jak je vidět na výsledcích rozborů vzorků hydraulické kapaliny.

8 Závěr

Skupina VÍTKOVICE MACHINERY GROUP se svými třiceti dceřinými společnostmi je nejvýznamnější českou strojírenskou skupinou.

Podrobně jsem se ve své diplomové práci zaměřil na rychlokovací linku ve společnosti VÍTKOVICE HAMMERING a.s. Tato linka je opatřena nejmodernější technologií volného kování, která v současné době existuje.

Zvýšenou pozornost je třeba věnovat stavu hydraulických systému a hydraulických kapalin a maziv. K tomu slouží tribodiagnostická měření. Vzorky oleje, které byly odebrány na lince, byly laboratorně zpracovány a vyhodnoceny. Tyto rozborů provádí firma KOMA – Industry .s.r.o.

Rozborů by měly ukázat míru znečištění hydraulického oleje. V provozních podmínkách jsou největším nebezpečím pro znehodnocení hydraulických kapalin právě mechanické nečistoty. Statistika uvádí, že přibližně 70% poruch je zaviněna právě uvedenou příčinou. Je proto nutné provádět systematické kontroly stavu hydraulických kapalin.

Hlavním cílem diplomové práce bylo z odebraných vzorků zjistit kvalitu oleje a navrhnout opatření, která povedou k maximálnímu omezení možných havárií na hydraulických systémech radiální rychlokovací linky.

Po seznámení se s provozem a na základě výsledků rozborů navrhuji zavést pravidelné kontroly hydraulického oleje po uplynutí doporučených provozních hodin, a to z označeného odběrného místa, které bude provádět určený a proškolený pracovník. Tato opatření nezatíží výrazně finanční rozpočet podniku, ale mohou předcházet případným poruchám. Tyto poruchy by znamenaly pro podnik prostoje ve výrobě, čímž by došlo k nemalým finančním ztrátám.

V případě zvýšeného kódu čistoty, doporučuji nasazení filtrace Hydack. V případě zhoršení fyzikálně-chemických parametrů oleje navrhuji částečnou výměnu oleje nebo doplnění aditivních prvků. Jestliže toto řešení nebude podnik považovat za rentabilní (jedná se jen o dočasné řešení, které nelze časově přesněji určit), pak navrhuji ponechat olej do přípustných hodnot a následně ho celý vyměnit. Jelikož je linka v provozu jen velice krátkou dobu (z pohledu životnosti stroje), nelze ani přesně určit, za kolik provozních hodin (dosud nebyl olej částečně nebo úplně vyměněn) by došlo k realizaci výše navrhovaného

řešení a která z variant (částečná nebo úplná výměna oleje) by byla pro podnik finančně výhodnější.

V současné době, přestože se jedná o provoz s nejmodernější technologií v rychlokování, mají navrhovaná opatření svůj význam. S výhledem do budoucna, kdy i tato technologie se stane zastaralou a dojde s největší pravděpodobností i k zvýšení poruchovosti, systémem pravidelných kontrol můžeme předejít prostojům ve výrobě a značným finančním ztrátám.

Kromě výše uvedené tribodiagnostiky bych doporučoval i další metody technické diagnostiky jako jsou například termodiagnostika, vibrodiagnostika, kterými jde zjistit případné další závady na rychlokovací lince.

Závěrem lze říci, že hydraulický systém rychlokovací linky, která je v provozu necelé dva roky, vykazuje minimální známky opotřebení stavu hydraulického oleje, ale přesto by bylo již nyní vhodné realizovat doporučené pravidelné odběry a kontroly vzorků oleje.

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat Ing. Ladislavu Hrabci, Ph.D. za cenné připomínky a odborné rady, kterými přispěl k vypracování této diplomové práce

Poděkování patří i Ing. Petrovi Konečnému, se kterým jsem konzultoval odbornou problematiku praktické části této práce.

Poděkovat bych chtěl rovněž tribotechnické laboratoři KOMA – Industry .s.r.o., a to jejím pracovnícím Haně Haburové a Pavle Gwozdzové, které mě se mnou prováděly rozborů vzorků hydraulického oleje.

9 Seznam literatury

- [1] HELEBRANT, F., ZIEGLER, J., MARASOVÁ, D. *Technická diagnostika a spolehlivost I - Tribodiagnostika* 1. vydání, Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2001, 158 s. ISBN 80-7078-883-6.
- [2] HELEBRANT, F., *Technická diagnostika a spolehlivost IV – Provoz a údržba stroj* I vydání, Ostrava, VŠB-TU Ostrava, 2008 127 s. ISBN 978-80-248-1690-6.
- [3] VALENČÍK, Š., STEJSKAL, T.. *Základy provozu a údržby strojů*, Strojnická fakulta, TUV Košicích 2009. ISBN 978-80-553-0252-2.
- [4] KOPÁČ, J. *Technická diagnostika hydraulických mechanismů*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1990. 159s ISBN 80-03-00308-3.
- [5] Kolektiv autorů. *Vítkovice-Hammering: Technická dokumentace*.
- [6] *Technical specification and scope of supply of the seller: Hydraulic Radial Forging Machine SMX 800 / 16-18 MN*. Vítkovice-Hammering, 2008.
- [7] Historická část Vítkovit-www.vitkovice.cz
Dostupné na WWW:< <http://www.vitkovice.cz/9/cs/node/2469>>
- [8] Ředitelství Vítkovit-www.vitkovice.cz
Dostupné na WWW:< <http://www.vitkovice.cz/9/cs/node/2476>>
- [9] Oficiální stránky Vítkovic Hammering-www.hammering.vitkovice.cz
Dostupné na WWW:< <http://hammering.vitkovice.cz/52/cs/node/2430>>

[10] Stavba spojující historickou lisovnu s moderní rychlokovací linkou z roku 2012

Dostupné na WWW:< http://www.lafarge.cz/LFJ12_02.pdf>

[11] Hydraulický olej HLP 46 - <http://www.olejeservis.cz>

Dostupné na WWW:<<http://www.olejeservis.cz/e-shop-oleje-a-maziva/prumyslove-oleje/hydraulicky-olej-hlp-46-balení>>

[12] Rychlokovárna třetího tisíciletí

Dostupné na http: <www.techmagazin.cz/ke_stazeni/TM102011.pdf>

10 Seznam příloh

Příloha č. 1	Výkres Rychlokovací linky
Příloha č. 2	Průvodka vzorku
Příloha č. 3	Protokol o výsledcích rozborů č. 13/01/03
Příloha č. 4	Protokol o výsledcích rozborů č. 13/02/01
Příloha č. 5	Protokol o výsledcích rozborů č. 13/01/44
Příloha č. 6	Graf použitého oleje a stav nového oleje

Příloha č. 1

Výkres Rychlokovací linky

Příloha č. 2

Průvodka vzorku

Příloha č. 3

Protokol o výsledcích rozborů č. 13/01/03

Příloha č. 4

Protokol o výsledcích rozborů č. 13/02/01

Příloha č. 5

Protokol o výsledcích rozborů č. 13/01/44

Příloha č. 6

Graf použitého oleje a stav nového oleje